

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-160337
 (43)Date of publication of application : 10.07.1991

(51)Int.Cl.

G01L 3/10
 C21D 6/00

(21)Application number : 01-297582
 (22)Date of filing : 17.11.1989

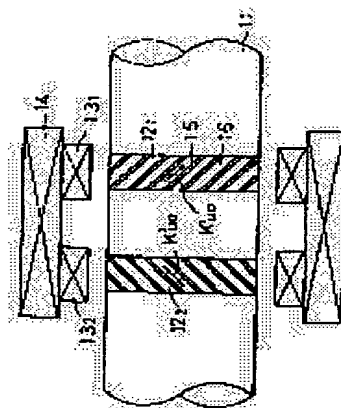
(71)Applicant : TOSHIBA CORP
 (72)Inventor : HIRAI TAKATOMO
 SAHASHI MASASHI
 KOBAYASHI TADAHICO

(54) TORQUE SENSOR AND METHOD FOR CONTROLLING MAGNETIC ANISOTROPY

(57)Abstract:

PURPOSE: To facilitate the sufficient introduction of magnetic anisotropy by patterning regions having different magnetic characteristics on a magnetic body at a predetermined pitch so as to generate magnetic anisotropy in a predetermined direction.

CONSTITUTION: The surfaces of the magnetic bodies 121, 122 fixed to the surface of a transmission shaft 11 and regions each having width of $1\mu\text{m} - 1\text{mm}$ are patterned on the magnetic body 121 in the 45° -direction with respect to the peripheral direction of the shaft 1 and the magnetic body 122 in the -45° -direction at an interval of $0.05 - 10\text{mm}$. As a result, regions 15 having the magnetic characteristics of the original magnetic bodies as they are and regions having magnetic characteristics different from those of the original magnetic bodies irradiated with laser beam are alternately arranged on the magnetic bodies 121, 122 in a stripe pattern and induction magnetic anisotropy K_{1uo} is applied to the magnetic body 121 in the $+45^\circ$ -direction with respect to the peripheral direction while induction magnetic anisotropy K_{2uo} is applied to the magnetic body 122 in the -45° -direction. By this method, magnetic anisotropy can be certainly and sufficiently applied to each magnetic body in an arbitrary direction even in the case of a complicated shape and sufficiently high sensitivity can be obtained by the device using the same.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2710165号

(45) 発行日 平成10年(1998) 2月10日

(24) 登録日 平成9年(1997)10月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 L 3/10			G 0 1 L 3/10	A
C 2 1 D 6/00			C 2 1 D 6/00	A

請求項の数3 (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平1-297582	(73) 特許権者	999999999 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成1年(1989)11月17日	(72) 発明者	平井 隆大 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
(65) 公開番号	JP 03-160337 A 特開平3-160337	(72) 発明者	佐橋 政司 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
(43) 公開日	平成3年(1991)7月10日	(72) 発明者	小林 忠彦 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内
		(74) 代理人	弁理士 外川 英明 (外1名)
		審査官	福田 裕司
		(56) 参考文献	特開 昭61-170546 (J P, A) 特開 昭63-280476 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 トルクセンサ及び磁気異方性制御方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性体表面に、磁気特性の異なる2種以上の領域からなり、所定方向に間隔0.05乃至10mmで、幅1μm乃至1mmの領域のパターン化することを特徴とする磁気異方性制御方法。

【請求項2】 磁歪を有する磁性体をトルク伝達軸表面に固定し、該軸に加えられたトルクにより前記磁性体の磁気特性が変化することを利用してトルクの検出を行なうトルクセンサにおいて、前記磁性体が、磁気特性の異なる2種以上の領域からなり、所定方向に間隔0.05乃至10mmで、幅1μm乃至1mmの領域でパターン化され、磁気異方性が導入されたものであることを特徴とするトルクセンサ。

【請求項3】 少なくとも表面が磁歪を有する磁性体からなるトルク伝達軸に加えられたトルクにより磁気特性が

2

変化することを利用してトルクの検出を行うトルクセンサにおいて、前記トルク伝達軸表面が、磁気特性の異なる2種以上の領域からなり、所定方向に間隔0.05乃至10mmで、幅1μm乃至1mmの領域でパターン化され、磁気異方性が導入されたものであることを特徴とするトルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【発明の目的】

(産業上の利用分野)

本発明は回転軸などに加えられたトルクを非接触で検出するトルクセンサ及び磁気異方性制御方法に関する。

(従来技術)

電動機、自動車などの回転駆動部の制御又は監視を行う場合、回転駆動部に加えられるトルクは、最も基本的なパラメータとして利用される。近年、トルクを検出す

るために、非晶質磁性合金の薄帯に生ずる磁気歪み効果を利用したトルクセンサが提案されている（電気学会マグネティクス研究会資料MAG-81-72）。

このトルクセンサの原理を第1図を参照して説明する。第1図において、トルクを検出すべき回転軸、すなわちトルク伝達軸1には非晶質磁性合金薄帯からなる磁性体2が巻回されて固定されている。この磁性体2には、予めその周方向3に対して角度 θ （ $\neq 0$ ）の方向を磁化容易軸とする誘導磁気異方性 K_{u0} が付与されている。また、この磁性体2に近接して図示しない検出コイルが配置され、この検出コイルは図示しない検出回路に接続されている。

このような構成のトルクセンサを用い、以下のようにしてトルクを検出することができる。ここで、説明を簡単にするために $90^\circ > \theta > 45^\circ$ 、飽和磁歪定数 $\lambda_s > 0$ とする。いま、軸1に破線矢印で示すトルク T が加わると、軸1に発生した歪み応力 σ が磁性体2に伝達され、磁性体2には $+45^\circ$ の方向に張力 σ が、 -45° の方向に圧縮応力 $-\sigma$ がそれぞれ発生する。これに伴って磁性体2には磁気歪み効果によって $+45^\circ$ の方向に誘導磁気異方性 K_{u1} （ $= 3\lambda_s \cdot \sigma$ ）が誘導される。この結果、 K_{u0} と K_{u1} とが合成されて磁性体2の誘導磁気異方性は K_{u2} に変化する。この場合、磁性体2の内部を通過する磁束の向きが一定であれば、誘導磁気異方性の方向が変化することにより磁性体2における磁束貫通方向の透磁率が変化する。したがって、この透磁率変化を例えば検出コイル及びこれに接続された検出回路により電圧の変化として測定することができ、その値から軸1に加えられたトルク T を求めることができる。

ところで、前述したトルクセンサにおいては、磁性体2に予め誘導磁気異方性 K_{u0} を付与しておく必要がある。特に、このようなトルクセンサにより、正逆トルクを直線性よく検出するためには、軸の周方向に対してそれぞれ $+\theta$ 及び $-\theta$ （ $\theta = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ を除く）の方向に予め誘導磁気異方性を付与した1対の磁性体と、これら各磁性体の磁気特性変化を検出するための差動結合された1対の検出コイル又は検出ヘッドとでトルクセンサを構成する必要がある。

このように、磁性体に予め誘導磁気異方性 K_{u0} を付与するための具体的な手段としては、従来、以下のような方法が知られている。

例えば、軸の径に合わせて磁性合金薄帯からなる環状の磁性体を作製し、熱処理して内部応力を除去した後、これを軸に挿着し、軸にねじりを与えた状態で接着し、軸のねじりを戻すという方法が知られている。しかし、この方法では、予め軸の径に合わせて環状の磁性体を作製する必要がある、軸にねじりを与える必要がある、など工程の煩雑化を招くという問題がある。

また、例えば磁性体を軸に接着固定する前に、予め磁性体に磁界中熱処理・冷却を施すことにより誘導磁気異

方性を導入する方法が考えられている。しかし、この方法では磁性体を軸に接着して固定すると、誘導磁気異方性が安定に維持できないおそれがあり、その結果トルクセンサの信頼性にも問題が生じる。

（発明が解決しようとする課題）

以上のように磁性体に磁気異方性を導入することに関しては、トルクセンサに限らず第2図に示す歪センサ、第3図に示す電流センサ等の磁気歪効果を利用する場合、重要である。

本発明は、十分な磁気異方性を容易に導入することのできる方法を提供し、また、それを用いた高感度のトルクセンサを提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

（課題を解決するための手段と作用）

本発明は磁性体表面に、磁気特性の異なる2種以上の領域からなり、所定方向間隔0.05乃至10mmで、幅1 μ m乃至1mmの領域のパターン化することと特徴とする磁気異方性制御方法である。また磁歪を有する磁性体をトルク伝達軸表面に固定するか若しくは少なくとも表面が磁性体であるトルク伝達軸を用い、該軸に加えられたトルクにより前記磁性体の磁気特性が変化することを利用してトルクの検出を行うトルクセンサにおいて、前記磁性体が、磁気特性の異なる2種以上の領域からなり、所定方向間隔に0.05乃至10mmで、幅1 μ m乃至1mmの領域でパターン化され、磁気異方性が導入されたものであることを特徴とするトルクセンサである。

また、本発明の磁気異方性制御方法では、磁気特性の異なる領域のパターンは、線状または不連続点状の磁気特性の異なる領域を用いたものなど、各種のパターンが考えられる。しかしながら、線状領域で分割するのが製造容易であり、この場合、綫状に分割された領域中に分割方向にほぼ直交する向きに幅0.001〜1mmの短冊状の磁区が形成されることが好ましい。

本発明の磁気特性の異なる領域パターンを形成するには例えば以下のような方法が用いられる。すなわち、レーザービームの径を1 μ m〜1mm程度として磁性体に照射し、所定の方向に走査させる操作を50 μ m〜10mmの所定のピッチで繰り返す。レーザービームが照射された領域では、磁性体が構造を変化させ、元の磁性体とは磁気特性の異なる領域が幅1 μ m〜1mmで形成される。一例を第9図に示す。X領域、Y領域の2種からなり、Yがレーザー照射領域である、このような方法により、磁性体に一軸磁気異方性を導入することができる。この改変領域は面積比で40%以下であることが好ましい。なお、一軸磁気異方性の方向については、レーザービームの照射幅、ピッチなどによって、レーザービーム照射方向の場合もあれば、それに対する垂直方向の場合もあるなど、種々の変更ができる。また、一軸磁気異方性の大きさについても、レーザービームの照射幅、ピッチなどによって、任意に設定することができるので、応用製品に応じた最適化

をすればよい。ただし、磁気特性の異なる領域の間隔が10mmを越えても50 μ m未満でも導入される磁気異方性が小さすぎて、製品に応用することは困難である。また磁気特性の異なる領域の幅が1mmを越えるとバルクの熱処理と差がなくなり局所熱処理効果が得られない。また1 μ m未満では導入される磁気異方性が小さすぎる。

磁気異方性導入の原因はいろいろ考えられるが、例えば局所加熱領域が溶融状態となり、凝固することにより、異なる結晶質又は非晶質相になっており、溶融部と未溶融部との内部応力分布に起因した磁気異方性が生じることが考えられる。また加熱処理による磁区の再配列も考えられる。

ここで、応用分野の一であるトルクセンサについて説明すると、トルク伝達軸の表面に結晶質ないし非晶質の磁性体を以下のような方法

- ①メッキ法により軸の表面に磁性体を形成する方法、
 - ②熱間静水圧圧縮法（HIP）により軸の表面に磁性体を形成する方法、
 - ③スパッタ法などの気相成長法により、軸の表面に磁性体を形成する方法、
 - ④溶接法により、軸の表面に磁性体を形成する方法、
 - ⑤溶射法により、軸の表面に磁性体を形成する方法、
 - ⑥軸の表面に非晶質磁性体粉末を供給しながら、レーザービームを照射して非晶質磁性体を形成する方法、
- などにより、固定した後、該磁性体の一部に選択的にレーザービームを照射して磁気特性の異なる領域のパターンを以下のような方法で形成する。すなわち、レーザービームの径を1 μ m～1mm程度としてトルク伝達軸上の磁性体に照射し、軸の周方向に対して所定角度をなして走査させる操作を50 μ m～10mmの所定のピッチで繰り返す。レーザービームが照射された領域では、成膜された結晶質相ないし非晶質が構造を変化させ、元の結晶質相ないし非晶質とは磁気特性の異なる結晶質ないし非晶質が幅1 μ m～0.2mmで形成される。このような方法により、磁性体に軸の周方向に対して任意の角度を有する一軸磁気異方性を容易に導入することができる。また、一軸磁気異方性を生じさせる方向は、主応力方向すなわち周方向に対し、 $\pm 45^\circ$ が好ましいが、トルク伝達軸周方向に対し、 0° より大きく、 90° 未満の任意の角度をなす方向であればよい。また、例えば走査速度などのレーザービーム照射条件に応じて、レーザービーム照射領域の結晶質相の構造及び特性が変化する領域の幅が変化し、それに伴ってその領域の磁気特性が変化し、この結果トルクセンサの感度にも影響が生じる。したがって、良好な感度を得るためには、レーザービームの照射条件を適当に設定することが好ましい。

本発明のトルクセンサでは、レーザーなどにより、磁性体に磁気特性の異なる領域を所定方向に磁気異方性が生じるように所定ピッチでパターン化すれば高いセンサ感度が得られる。

このように本発明によれば、磁性体に容易に磁気異方性を導入することができ、それを用いたデバイスで十分な高感度を得ることができる。

以上、トルクセンサを用いて説明したと同様のことが、歪みセンサや電流センサなど磁性体を用いる種々の分野についても言える。

（実施例）

以下本発明の実施例を図面を参照して説明する。

第4図は本発明の一実施例に係るトルクセンサの概略的な構成図である。第4図において、図示しないモータ等の駆動源によって回転する強磁性体（例えばS45C）からなる直径20mmのトルク伝達軸11の表面の2箇所には、幅10mm、厚さ15 μ mの1対の磁性体12₁、12₂が軸11の全周にわたって固定されている。これら磁性体12₁、12₂は、スパッタされた

$\text{Co}_{88}\text{Zr}_{10}\text{Fe}_2$

なる組成の非晶質合金膜から成っている。この合成膜には、その表面にビーム径50 μ mのYAGレーザービームを照射し、軸11の周方向に対して、磁性体12₁では $+45^\circ$ 、磁性体12₂では -45° の方向に5m/minの走査速度で走査させる操作を、1mmピッチで繰返し施している。この結果、この合金膜は、成膜されたままの非晶質相X（15）と、レーザービームの照射により元の結晶質相と異なる磁気特性を有する非晶質相Y（16）とが縞状に交互に配列された構造となっている。結晶質相Y（16）は準安定状態の非晶質相である。こうした構造により、レーザービーム照射方向が磁化容易軸方向となり、周方向に対して、磁性体12₁では $+45^\circ$ の方向に誘導磁気異方性 K_{u0}^1 が、磁性体12₂では -45° の方向に誘導磁気異方性 K_{u0}^2 が付与される。

軸11の外周には磁性体12₁、12₂に非接触の状態で円筒状の検出巻線13₁、13₂が施されている。また、検出巻線13₁、13₂の外周には円筒状の励磁巻線14が施されている。これら検出巻線13₁、13₂及び励磁巻線14は、図示しない非磁性体からなる巻枠に0.3mm径の導線を、検出巻線13₁、13₂の場合100回、励磁巻線14の場合300回巻回したものである。

第5図は、トルク伝達軸表面の磁性体薄膜にレーザービームを照射する方法をしめすブロック図である。このように他の方法では磁気異方性の導入が難しい複雑形状でも容易に磁気異方性を導入できる。

第6図は本実施例のトルクセンサの回路構成を示すブロック図である。第6図において、発振器21にて100KHzの正弦波励磁電流を発生させ、増幅器22にて増幅し、励磁巻線14に印加する。この結果、磁性体12₁、12₂には交番磁界が加わる。そして、検出巻線13₁、13₂にて前述した原理に従って得られる検出信号が差動増幅器23、24、25、を介して同期検波器26にて整流されて、トルク変化に応じて変化する直流のトルク信号が得られる。

このトルクセンサを用い、トルクの検出特性を測定し

た結果を第7図に示す。第7図から明らかなように、本実施例のトルクセンサは、広いトルク範囲にわたって良好な直線性を示す。

最適なレーザ走査速度を得るために、照射領域の熱容量及び熱伝導性などに依存し、相互に関連しあうレーザビーム走査速度、レーザ照射パワー、レーザビーム径などを最適になるように決定することが好ましい。

次に、以上のように決定された最適なレーザ照射条件において、レーザビームを照射するピッチとセンサ感度との関係を第8図に示す。第8図から明らかなように、良好な感度を得るために、最適なレーザ照射ピッチが存在する。レーザビームを照射するピッチは $50\mu\text{m}\sim 10\text{mm}$ であることが好ましく、ピッチが 10mm を越えると導入すべき磁気特性が充分得られないため、良好なトルクセンサとはならない。

上記実施例は、トルクセンサへの適用例を示したが、本発明の磁気異方性制御方法を用いれば、例えば歪みセンサ、圧力センサにも適用でき、また、電流センサ等の各種センサデバイスへも用いることができる。

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、種々の応用分野を持つ磁歪を有する磁性体に磁気異方性を複雑な形状で

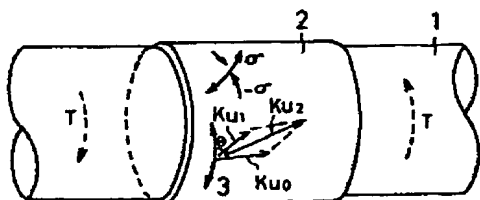
も任意の方向に確実にかつ十分に付与することができ、工業上顕著な効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

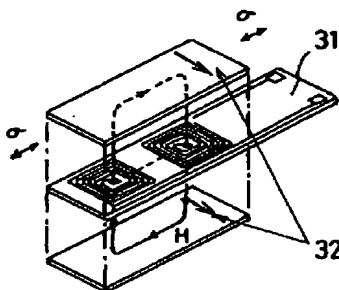
第1図は本発明に係るトルクセンサの原理を示す特性図、第2図は本発明の一応用例である歪みセンサの概略構成図、第3図は本発明の一応用例である電流センサの概略構成図、第4図は本発明の実施例におけるトルクセンサの概略構成図、第5図は同トルクセンサを製造する際のレーザ照射方法を示すブロック図、第6図は同トルクセンサの回路図、第7図は同トルクセンサによるトルク検出特性を示す特性図、第8図はレーザ照射ピッチとセンサ感度との関係を示す特性図、第9図は磁区パターンの模式図。

11……トルク伝達軸、12₁、12₂……磁性体、
13、13₁、13₂……検出巻線、14……励磁巻線、
15……結晶質相X、16……結晶質相Y、21……発振器、
22……増幅器、23、24、25……差動増幅器、
26……同期検波器、31……プリントコイル、
32……一軸異方性非晶質箔帯、33……コア、
34……被測定電流用巻線、35……レーザ発振器、
36……レンズ、37……ミラー

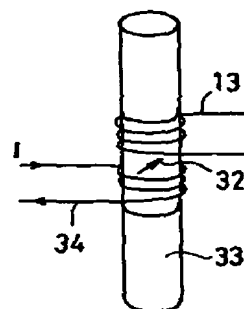
【第1図】



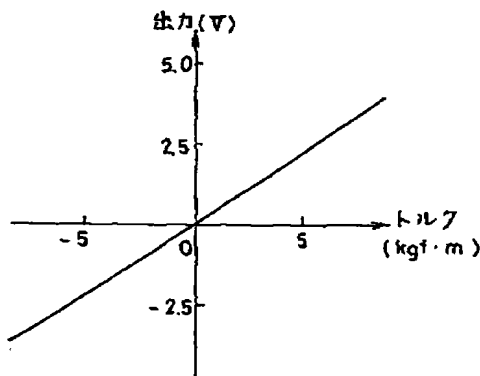
【第2図】



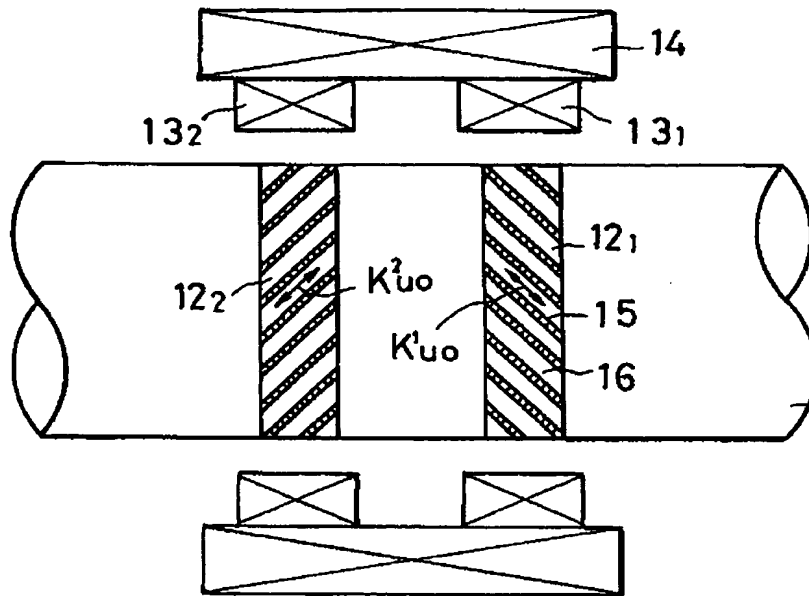
【第3図】



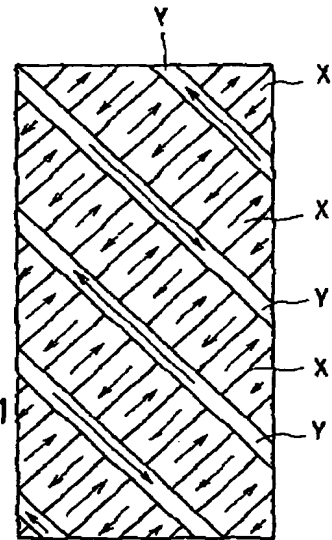
【第7図】



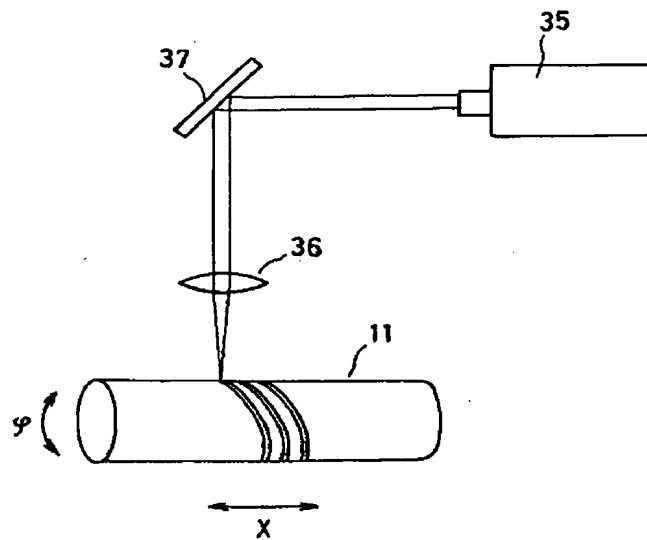
【第4図】



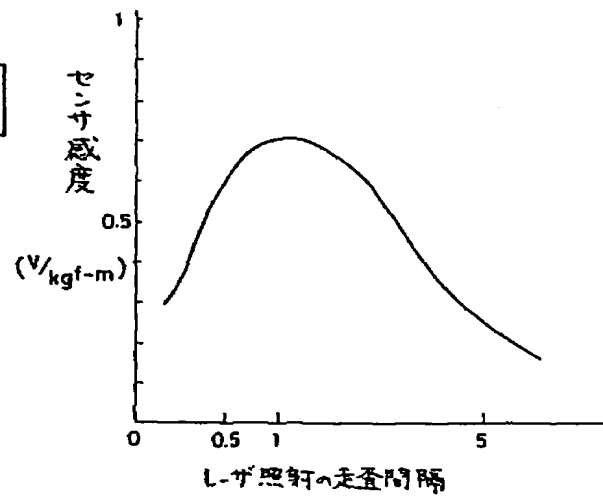
【第9図】



【第5図】



【第8図】



【第6图】

